

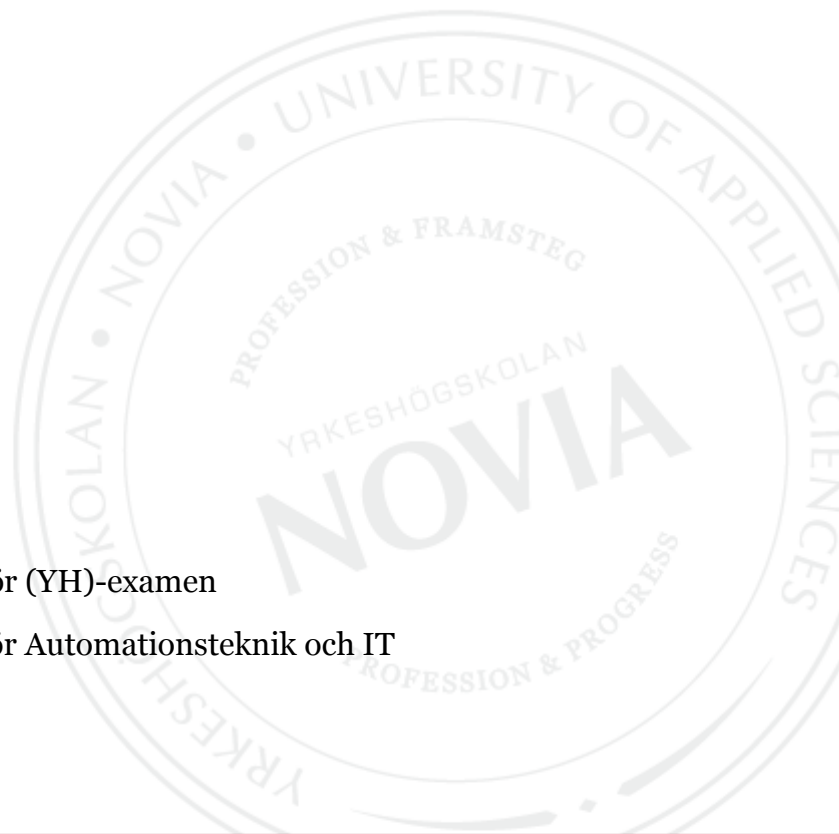
Ett validerat övervakningssystem för renrum

Viktor Numminen

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Automationsteknik och IT

Raseborg 2014



EXAMENSARBETE

Författare: Viktor Numminen
Utbildningsprogram och ort: Automationsteknik och IT, Raseborg
Inriktningsalternativ/Fördjupning: Elplanering
Handledare: Ulf Lemström

Titel: Ett validerat övervakningssystem för renrum

Datum: 13.04.2014 Sidantal: 27 Bilagor: 0

Abstrakt

För att övervaka klimatet i renrum kan man använda sig av ett automatiserat övervakningssystem för att garantera en kontinuerlig övervakning av klimatet samt snabb alarmering ifall något problem uppstår. Eftersom alarmeringen sker mycket snabbt kan personalen också snabbare utföra eventuella åtgärder vid kontamineringen av utrymmet.

Detta examensarbete behandlar de olika delkomponenterna som kan inkluderas i ett automatiserat övervakningssystem samt mjukvaran för ett övervakningssystem. Dessutom behandlas också olika kommunikationsprotokoll samt exempel på hur kommunikationsnätverk kan byggas upp. Ifall övervakningssystemet kommer att användas inom läkemedelsindustrin krävs det ofta någon typ av validering av systemet. Detta examensarbete behandlar en valideringsprocess som är gjord på basis av Europa kommissionens bestämmelser för god tillverkningssed för läkemedelsindustrin och kosmetikaindustrin.

Språk: Svenska

Nyckelord: övervakningssystem, FMS, validering, renrum

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Viktor Numminen
Koulutusohjelma ja paikkakunta:	Automationsteknik och IT, Raasepori
Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot:	Sähkösuunnittelu
Ohjaaja:	Ulf Lemström

Nimike: Validoitu puhdastilan valvontajärjestelmä
/Ett validerat övervakningssystem för renrum

Päivämäärä: 13.04.2014

Sivumäärä: 27

Liitteet: 0

Tiivistelmä

Puhdastilojen valvonnassa voidaan käyttää automatisoitua valvontajärjestelmää, jonka ansiosta voidaan varmistua jatkuvasta valvonnasta sekä nopeasta hälytyksestä ongelmien sattuessa. Tämän lyhyen hälytysviiveen ansiosta henkilöstö voi reagoida nopeasti olosuhteiden saastuessa ja estää lisävahinkojen syntymisen.

Tämä opinnäytetyö käsittelee puhdastilan valvontajärjestelmän perusteita sekä siihen kuuluvia osia ja komponentteja. Opinnäytetyössä esitellään myöskin valvontajärjestelmän ohjelmistoa sekä eri tiedonsiirron protokollia. Opinnäytetyön lopussa käsitellään validointiprosessia, jollainen vaaditaan esimerkiksi lääkevalmistuksen käytössä olevilta puhdastiloilta, joihin tehdään muutoksia tai lisätään uusia järjestelmiä. Tämä validointiprosessi pohjautuu EU-komission hyvien tuotantotapojen määräyksiin lääke- sekä kosmetiikkateollisuudessa.

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: valvontajärjestelmä, FMS, validointi, puhdastila

BACHLOR'S THESIS

Author: Viktor Numminen
Degree Programme: Automation and IT, Raseborg
Specialization: Electrical Systems Design
Supervisor: Ulf Lemström

Title: A Validated Facility Monitoring System for a Cleanroom
/Ett validerat övervakningssystem för renrum

Date: 13 April 2014 Number of pages: 27 Appendices: 0

Abstract

An automatic facility monitoring system can be used for monitoring cleanroom conditions to guarantee continuous surveillance and a fast alarming in the event of problems occurring. The personnel of the facility can react fast when the alarm goes off and prevent any unnecessary damage caused by air contamination.

This thesis deals with the basics of a facility monitoring system for cleanrooms and all its components and software. Different communication protocols used in facility monitoring system are described. Monitoring cleanrooms in the pharmaceutical industry requires a validation process every time a new system is installed or an old system is modified. This requirement is regulated by the EU commission guidelines of good manufacturing practice for the pharmaceutical and cosmetic industry.

Language: Swedish

Key words: facility monitoring system, FMS, validation, cleanroom

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Syfte.....	1
3	Företagsbeskrivning	1
4	Renrum	2
4.1	Certifierade renrum.....	3
4.2	Övervakning av renrummen	4
5	Centralenheten Hawk	4
6	Nätverk och kommunikation	5
6.1	TCP/IP	6
6.2	VPN kommunikation	6
6.3	Lon Works	7
7	Moduler	7
7.1	Analog ingång (AI).....	7
7.2	Analog utgång (AO)	9
7.3	Digital ingång (DI).....	10
7.4	Digital utgång (DO)	10
8	Fältenheter	11
8.1	Temperatur.....	11
8.2	Luftfuktighet	12
8.3	Tryck.....	12
8.4	Partikelmängd	13
9	Kalibrering.....	14
10	Uppföljning och övervakning renrums klimat.....	14
10.1	Alarm.....	16
10.2	Historik.....	17
10.3	Användarrättigheter.....	17
10.4	Loggs.....	18
11	FMS funktionsprincip.....	18
12	Validering och dokumentation	20
12.1	Valideringsplan	21
12.2	Kravspecifikation	22
12.3	Designkvalifikation	22
12.3.1	Funktionell Designspecifikation.....	22
12.3.2	Anordningskatalog	23

12.3.3	Systemskeman och kopplingsschema.....	23
12.4	Installationskvalifikation.....	23
12.4.1	Installationsspecifikation.....	24
12.5	Driftskvalifikation.....	24
12.6	Prestationskvalifikation.....	24
13	Slutsats.....	25
14	Källförtäckning.....	26

1 Inledning

Inom renrumstekniken stöder man sig på fastighetsautomation för att lösa problemen med att uppehålla det så gott som partikelfria förhållandet i utrymmet. Dessutom kan man använda sig av automatiken för att följa upp förhållanden i faciliteterna genom att samla in data för senare analyser och alarmering vid eventuella problem.

För att garantera kontinuerligt rena förhållanden i renrum kan man automatisera kontrollen av rumstrycket, temperaturen, luftfuktigheten samt mätning av partikelmängd, allt enligt kundens behov. Eftersom ett automatiserat system kan samla in hundratals samplingar per minut, framföra historiken för de olika mätpunkterna och sända ut alarm vid eventuella problem inom några sekunder, är den automatiserade kontrollen för renrummets förhållanden det överlägset effektivaste sättet att övervaka renrummets förhållanden.

2 Syfte

Detta examensarbete är gjort på basis av ett projekt som gick ut på att skapa ett övervakningssystem, här efter refererat som FMS (Facility Monitoring System), för ett renrum. För att uppfylla kundens krav och behov validerades projektet eftersom utrymmet kommer att användas för läkemedelsforskning. Examensarbetet behandlar funktionsprincipen för detta FMS och principen om hur valideringsprocessen kan genomföras. Denna valideringsprocess baserar sig på Europa kommissionens bestämmelser för god tillverkningssed, GMP (Good manufacturing practice), inom läkemedels- och kosmetikaindustrin. Delar av projektet har medvetet utelämnats från detta examensarbete för att inte avslöja affärshemligheter.

3 Företagsbeskrivning

Prosessiautomaatio Oy Insinööritoimisto Seppälä är ett privatägt familjeföretag i Åbo som grundades av Veijo Seppälä 1978. Idag verkar bolaget huvudsakligen som entreprenör inom fastighetsautomation, men har också en del projekt inom renrumsautomation samt automatisering av mindre industriprocesser. Företaget har 4-5 anställda och kundkretsen befinner sig främst i Egentliga Finland och Nyland. Prosessiautomaatio Oy har under senaste tiden även etablerat sig i Skandinavien inom renrums automatik. Bolaget är certifierat med

en kvalitetsledningsstandard ISO-9001:2008 och har ett RAU-entreprenörs godkännande, som är ett nytt certifieringssystem för fastighetsautomationsentreprenörer. RAU godkännandet upprätthålls av SETI Oy, som är ett opartiskt företag utnämnt av Säkerhets- och kemikalieverket (Tukes). Syftet med RAU är att garantera hög standard för fastighetsautomationen i Finland. (Seti 2014). (Prosessiautomaatio 2014)

4 Renrum

Renrumsfaciliteter används oftast för medicinska, tillverknings eller forskningssyften och är uppbyggda så att man åstadkommer stabila förhållanden gällande t.ex. temperatur, luftfuktighet och partikelmängden i utrymmet. Exempel på tillverkningsindustrier där det används renrum är produktion inom mikroelektroniskas kretsar, nanoteknologin, satellitindustrin, medicintekniska produkter och läkemedelsindustrin. Det har också bevisats att risken för infektioner vid kirurgiska ingrepp minskar drastiskt när patienterna opereras i renrums förhållanden. (Carlberg 2005, s. 113)

För att kunna uppfylla kraven för renrumsomständigheter bör väggar, golv och innertak av utrymmet vara lufttäta och bestå av slätt material så att partiklar inte så lätt kan fastna på ytorna. Allt som finns inne i ett renrum så som t.ex. möbler, armaturer, elapparater, kläder och instrument måste vara gjorda av sådant material som inte avger partiklar i rumsluften. (Carlberg 2005, s. 116)

För att kunna upprätthålla rena förhållanden måste ventilationsluften filtreras genom special filter så att luften som kommer in till utrymmet är rent. Renrum förses med litet övertryck jämfört med omgivande rum så att det inte blåser in kontaminerad luft när man öppnar dörren till ett renrum. Övertrycket säkrar att eventuella partiklar ”blåser” ut ur ett renrum genom obemärkta springor. Man använder sig av snabbt luftombyte för att upprätthålla de rena förhållandena. I vanliga utrymmen så som butiker och kontor byts luften ut ungefär två till tre gånger per timme medan i renrum byts luften ut 10 till 20 gånger per timme. Det vill säga man uppnår rena förhållanden genom att tillföra en enorm mängd ren luft till utrymmet så att all eventuell kontaminering helt enkelt sugs bort. (Carlberg 2005, s. 116-118)

4.2 Övervakning av renrummen

Enligt EN ISO-14644 standarden bör renrummen testas med jämna mellanrum för tryck skillnaden mellan ett renrum och de omringande rummen, för att försäkra sig om att det faktiskt finns ett positivt tryck i renrummet i förhållandet till omgivande rummen. Dessutom skall ventilationens luftmängd eller flödes hastigheten mätas. Mängden partiklar i luften mäts med minst 12 månaders mellanrum i ISO klass 6 eller högre och med minst 6 månaders mellanrum i ISO klass 5 eller lägre. (EN ISO-14644-2, s.10-12)

5 Centralenheten Hawk

Centralenheten fungerar som en dator som har som uppgift att kommunicera med de olika apparaterna och modulerna samt med andra datorer över olika nätverk. Dessutom kan centralenheten ha många fler uppgifter så som t.ex. reglering, styrning och producering av alarm.

Det finns två huvudtyper av centralenheter, där den ena typen är fritt programmerbar centralenhet och den andra är en så kallad låst centralenhet med färdiga lösningar för de vanligaste styrningarna. Den fritt programmerbara centralenheten är mindre begränsad än den låsta versionen och kräver oftast licensbelagda specialprogrammeringsprogram med vilka entreprenören skapar programmet för centralenheten. Ifall centralenheten har som uppgift att sköta komplicerad reglering eller har annars bara mer speciell uppgift så måste man använda den fritt programmerbara centralenheten eftersom det knappast finns några färdiga program för dessa ändamål i de låsta centralenheterna.

För detta projekt valdes den fritt programmerbara centralenhet Hawk, som är en modell av centralenheter som säljs av Centraline. Hawk centralenheten är uppdelad i två stycken olika serier, den begränsade 200 serien och den mera effektivare 600 serien. Båda serierna har batteri backup och klarar av kommunikation med LonWorks, BACnet, EIB-KNX, Modbus, M-bus, SNMP, Z-wave och oBIX. Som operativsystem används *QNX Operating System*, *IBM J9 Java Virtual Machine* och *Niagara^{AX} Frameworks[®]*. (Hawk tekniskspecifikation)



Figur 1 Figuren ovan är en HAWK centralenhet.

Hawk centralenheterna har utmärkta färdiga verktyg för att skapa webbaserat användargränssnitt som kan användas från vilken dator som helst som är kopplat till samma nätverk. För att kunna använda användargränssnittet krävs det endast en webbläsare samt Java installerat. Det negativa med båda serierna är att de inte klarar av att reglera stora och mycket komplicerade processer eftersom kapaciteten inte räcker till. (Hawk tekniskspecifikation)

Hawk är ett ypperligt val som centralenhet för just detta projekt på grund av de goda verktygen för att skapa användargränssnitt och de mångsidiga kommunikationsmöjligheterna. Detta betyder att det är lätt att tillfoga utomstående apparater till systemet.

6 Nätverk och kommunikation

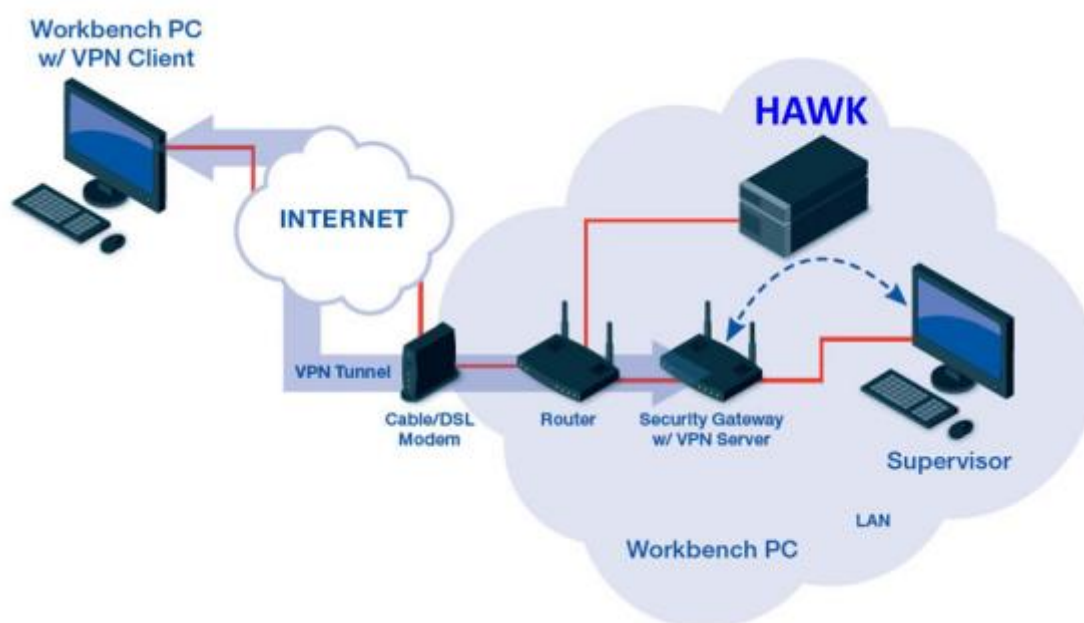
Med olika nätverk skapar man möjligheten för apparaterna att kommunicera sinsemellan. Det finns ett enormt antal olika kommunikationsprotokoll som kan användas för kommunikationen mellan de olika apparaterna. I detta projekt användes TCP/IP kommunikation mellan centralenheten och övervaknings Pc:n. Medan Lon Works användes för intern kommunikation mellan t.ex. centralenheten och de olika modulerna, som i sin tur använder 0-10V spänningssignal mellan modulen och fältenheten. Spänningssignalen överförs sedan i programmet till den önskade enheten.

6.1 TCP/IP

Förkortningen TCP/IP kommer från det engelska namnet "Transmission Control Protocol/Internet Protocol". TCP/IP är inte bara två protokoll som man kunde tro, utan är en mängd olika protokoll indelade i olika lager, som kallas en protokollsvit. Dessa internationellt överenskomna protokoll möjliggör kommunikationen och nätverkandet i ett större nätverk genom att ha vissa regler om hur mjukvaran skall fungera. Denna protokollsvit användes i detta projekt för kommunikationen mellan centralenheten och övervaknings Pc:n. (Leiden, m.fl. , 2009)

6.2 VPN kommunikation

VPN står för "*Virtual Private Network*" och är som namnet säger ett virtuellt nätverk som bildar en så kallad tunnel mellan två datorer över ett allmänt nät som t.ex. internet. För att undvika risken att någon tredje part avläser data löser VPN kommunikationen detta problem genom att krypta data före det sänds iväg över det allmänna nätet och dekrypteras först vid mottagande dator. På så sätt kan man försäkra sig om att ingen kan avläsa det egentliga meddelandet utan en krypteringsnyckel. (Hawk nätverk manual) Ett exempel på ett program som möjliggör en sådan VPN kommunikation är OpenVPN, det är ett program med öppenköllkod (OpenVPN).



Figur 2 Denna figur är ett exempel på hur en VPN kommunikation samt ett nätverk till en Hawk kan skapas. (Hawk nätverk manual)

6.3 Lon Works

Lon Works förkortas som LON och är ett öppet nätverk för kommunikation mellan två apparater. Namnet kommer från engelskans "Local Open Network" och är skapad av det amerikanska företaget Echelon, som utvecklar systemet och säljer verktyg för implementering av LON system. Med ett öppet nätverk menar man att vilken tillverkare som helst har möjlighet att tillägga LON kommunikation för sina apparater så att man inte måste använda ett visst företags apparater. LON är relativt populärt inom fastighetsautomationen och det finns ett stort sortiment av olika produkter som använder sig av LON tekniken. (LON 2014 och Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry ja Rakennustieto Oy, 1999, s.9)

7 Moduler

Eftersom Hawk centralenheten inte har några inbyggda in- eller utgångar måste man tillägga externa moduler som sköter om kommunikationen mellan fältenheterna och centralenheten. Det finns olika typer av in- och utgångar som beskrivs i följande stycken.

7.1 Analog ingång (AI)

Analog ingång brukar förkortas som AI (Analog Input) och är en ingång som mäter någon typ av värde. Vid passiva temperaturmätningar mäter ingången resistansen över kretsen för att kunna avgöra temperaturen i givaren medan i aktiva givare mätare används det 0/2-10 VDC som mätområde. Det är också möjligt att använda 4...20 mA strömloop som signal men det är mera vanligt inom industrin. (Alikoski, m.fl. 2001, s.98-99)

Billigaste modellerna av moduler klarar inte av att avläsa mA strömloop och därför kan man vara tvungen att omvandla strömloopen till en 2-10 VDC spänningssignal, detta kan man göra med hjälp av resistorer. För att räkna ut vilken storleks resistans krävs för att omvandla den önskade strömloopen till spänningsmeddelande bör man använda ohms lag.

$$R = \frac{U}{I} \quad (2)$$

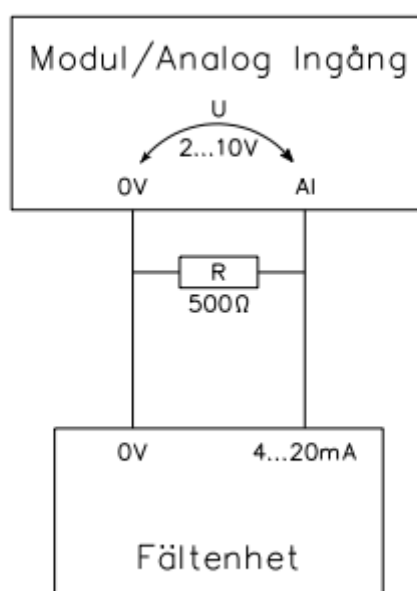
Denna formel är tagen ur MAOL:s tabeller (2007) där resistansen R är lika med spänningen U delat med strömmen I . Ifall vi använder oss av ett exempel där fältenheten ger en

strömloop på 4...20 mA och den analoga ingången i modulen bara klarar av att avläsa spänningssignal på 2...10 V. Då kan vi använda formel (2) för att få reda på vilken storlek av resistor vi skall använda för att kunna avläsa signalen.

$$R = \frac{2 \text{ V}}{0,004 \text{ A}} = 500 \Omega$$

$$R = \frac{10 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = 500 \Omega$$

På så sätt vet vi att med ett 500Ω resistor mellan AI och 0V kan vi konvertera en 4...20mA strömloop till en 2-10V spänningssignal. Placeringen av resistorn enligt följande figur.



Figur 3 Denna figur beskriver placeringen av resistorn R (500 Ω) ifall man vill omvandla fältenhetens 4...20 mA strömloop till en 2...10 V spänningssignal dvs. Spänningen U över 0 V och AI.

Ett exempel på en modul är CLIOL821A, som är en modul som är tillverkad av Centraline. Modulen är LON baserad vilket betyder att kommunikationen mellan modulen och centralenheten funkar via LON Works protokollen. Denna modul är tudelad med en bottenplatta modell XS821-22 som har 8st analoga ingångar och en modul del som pluggas fast i bottenplattan. Det positiva med denna typ av modulkombination är att ifall modulen går sönder eller skall bytas ut, behöver man inte koppla om kablarna eftersom de är fast i

bottenplattan, istället kan man bara ta loss själva modulen och byta ut den till en ny.
(Centraline Modul 2014)

OVERVIEW

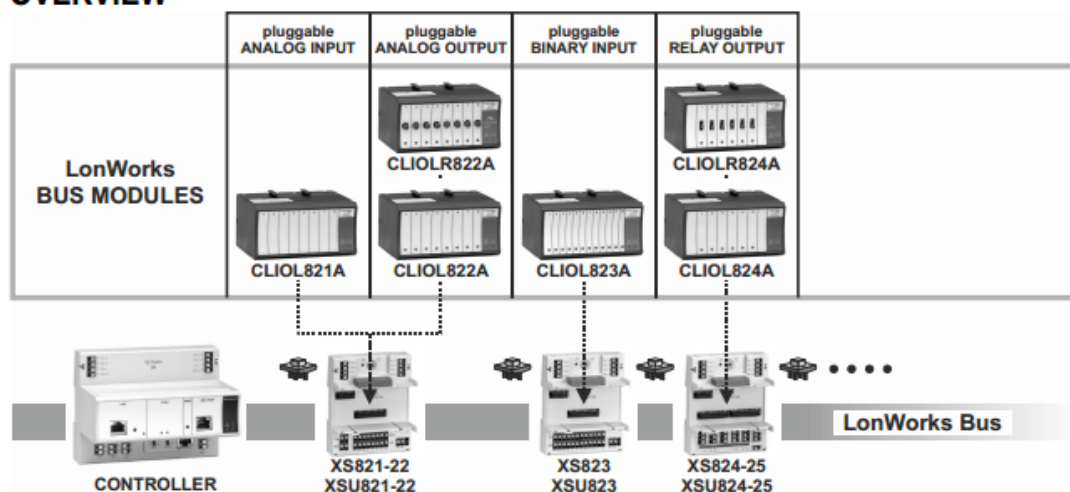


Fig. 1. Overview of Centraline LonWorks Bus I/O Modules

Table 1. Overview of Centraline LonWorks Bus I/O Modules

order number	description
LonWorks Bus I/O Modules	
CLIOL821	LONWORKS Bus Bus Analog Input Module (with 8 analog inputs)
CLIOL822	LONWORKS Bus Bus Analog Output Module (with 8 analog outputs)
CLIOLR822	LONWORKS Bus Bus Analog Output Module (with 8 analog outputs and manual overrides)
CLIOL823	LONWORKS Bus Bus Binary Input Module (with 12 binary inputs)
CLIOL824	LONWORKS Bus Bus Relay Output Module (with 6 relay outputs)
CLIOLR824	LONWORKS Bus Bus Relay Output Module (with 6 relay outputs and manual overrides)
Terminal Sockets	
XS821-22	Push-in terminal socket for AI/AO modules (incl. bridge connector, swivel label)
XSU821-22	Screw-type terminal socket for AI/AO modules (incl. bridge connector, swivel label)
XS823	Push-in terminal socket for BI modules (incl. bridge connector, swivel label)
XSU823	Screw-type terminal socket for BI modules (incl. bridge connector, swivel label)
XS824-25	Push-in terminal socket for relay/floating output modules (incl. bridge connector, cross connector, swivel label)
XSU824-25	Screw-type terminal socket for relay/floating output modules (incl. bridge connector, cross connector, swivel label)

Figur 4 Figuren ovan beskriver principen hur de olika CLIOL modulerna och de XS bottenplattorna passar ihop. (Centraline modul 2014)

7.2 Analog utgång (AO)

Analog utgång, också kallad AO (Analog output), använder sig av en steglös styrsignal. De vanligaste styrsignalerna är spänningssignalen 0-10 VDC eller 2-10 VDC, men det är också möjligt men inte så vanligt att ha en strömloop som styrsignal som t.ex. 4...20mA. (Alikoski, m.fl. 2001, s.99)

CLIOL822A är en analog utgångsmodul med 8st analoga utgångar. Denna modul använder sig av samma bottenplatta, XS821-22, som den analoga ingångsmodulen i samma serie, CLIOL821A. Denna modul hör till samma modulserie som beskrivs ovan i figur 3. (Centraline Modul 2014)

7.3 Digital ingång (DI)

Digitala ingångar eller binära ingångar förkortas oftast som DI (Digital Input). De är typen av ON/OFF ingångar där fältenheten kan vara av antingen öppnande kontakt eller stängande kontakt. Den öppnande kontakten förkortas som NC (Normally closed), vilket betyder att kontakten är stängd vid normalläge medan den stängande kontakten är öppen vid normalläge och kallas NC (Normally closed). (Alikoski, m.fl. 2001, s.97-98)

Genom att tillägga en resistor kan man använda en analog ingång istället för en digital ingång. Detta gör man ifall informationen kontakten ger är mycket kritisk, t.ex. inbrotts alarm. Nyttan med detta är att då ger punkten information om kontakten drar, om kabeln är av eller om det finns en kortslutning i kretsen. (Alikoski, m.fl. 2001, s.97-98)

CLIOL823A är ett exempel på en digital ingångsmodul av samma Centralines modul serie som beskrivs i figur 4. Den går ihop med bottenplattan XS823 och därför kräver den inte heller några ändringar i kabel kopplingar ifall själva modulen byts ut. (Centraline Modul 2014)

7.4 Digital utgång (DO)

Digital utgång eller binära utgång som den också kallas förkortas ofta med DO (Digital output). Det är en typ av ON/OFF utgång som oftast med hjälp av ett relä kan ge ut en styrspänning på 24VAC eller 230VAC. Det är också vanligt att kombinera en fältenhet med en DO styrning och en DI indikation och ifall de inte stämmer överens så ges det en konflikt alarm. (Alikoski, m.fl. 2001, s.99)

Centraline har också en digital utgångs modul i samma serie som resten av modulerna. Den heter CLIOL824A och har en egen bottenplatta med namnet XS824-25. Modulen har 6st utgångar som alla går skilt att koppla i en NC eller NO kontakt. (Centraline Modul 2014)

8 Fältenheter

Med fältenheter menas alla apparater på fältet som är kopplat till centralen. Dessa apparater kan vara t.ex. olika givare eller ställdon. I följande stycken beskrivs de vanligaste givarna som används för uppföljning av förhållanden i ett renrum.

8.1 Temperatur

Inom fastighetsautomationen används ofta de passiva Ni-1000 och Pt-1000 sensorerna. Namnet på sensorn avslöjar av vilket material sensorn är gjord (Nickel/Platina) medan numret berättar sensorns resistans i ohm vid temperaturen 0°C. (Alikoski, m.fl. 2001, s.107)

Det finns också andra typer av passiva sensorer som används för rums temperaturmätning, de använder sig av PTC- och NTC-termistorer. Termistorns resistans är beroende av temperaturen så att den resistansen antingen minskar eller ökar med temperaturen. PTC står för "Positive Temperature Coefficient", vilket betyder att resistansen ökar i termistorn när temperaturen ökar. Medan NTC-termistorn som står för "Negative Temperature Coefficient", vilket i sin tur betyder att när temperaturen ökar så minskar resistansen över termistorn. Både NTC och PTC termistorer anges oftast i en viss resistans över termistorn vid temperaturen 25 °C, t.ex. 20 kΩ eller 10 kΩ. (Termistor 2014)

Det finns också aktiva temperaturgivare där givaren kräver någon form av strömförsörjning. Dessa sensorer ger oftast en 0/2-10 VDC spänningsmeddelande eller en 4-20 mA strömloop som sedan avläses av någon typ av analog ingång i en modul. (HK-Instruments 2014)



Figur 5 Detta är en passiv Thermokon WRF04 sensor med NTC eller PTC termistor (Thermokon2014)

8.2 Luftfuktighet

Luftfuktigheten mäts i antingen absoluta luftfuktighet eller i relativa luftfuktighet, där den absoluta luftfuktigheten beskriver massan av vattenånga per volym luft. Medan den relativa luftfuktigheten mäts i den procentuella mängden vattenånga som luften kan maximalt innehålla dvs. vattenånga blir mättad. Den relativa luftfuktigheten är beroende på temperaturen så att den maximala mängden vattenånga per volymenhet ökar ifall temperaturen ökar. Ifall temperaturen sjunker under den så kallade daggpunkten kommer vattenånga i luften att bli mättad och överge den överlopps vattnet i form av t.ex. kondens. (Lehtonen, m.fl. (2006), s.84-85)

För att undvika för hög relativ luftfuktighet i renrum måste man kontinuerligt mäta både temperatur och absoluta luftfuktigheten ur renrummet. Därför är en vanlig lösning att använda en aktiv kombinationsgivare där man får en 0-10V spänningssignal för både temperatur och den relativa luftfuktigheten. (HK-Instruments 2014)



Figur 6 HK-Instruments RHT givare är en aktiv givare som mäter både relativa luftfuktigheten och temperaturen. (HK-Instruments2014)

8.3 Tryck

Inom fysiken är tryck en storhet som beskriver kraften över en area och vars SI-grundenhet är pascal som förkortas som Pa. Eftersom luften omkring oss har en massa betyder det att luften också har ett visst tryck som påverkar all materia. Det brukar räknas att normaltrycket ligger vid 101300 Pa som bör tas i beaktandet vid räkning av absoluta trycket. (Hautala, m.fl. 2011)

Men i renrum är det oftast viktigare att mäta tryckskillnaden än det absoluta trycket. Eftersom ett klassificerat rum bör ha högre tryck än omgivningen och därför används det tryckskillnadsgivare som mäter tryckskillnaden mellan rummet och en referens punkt. De

mäter alltså inte det absoluta trycket i rummet utan skillnaden av trycket så att man kan bekräfta att det klassade rummet i renrums facilitet faktiskt har ett övertryck. Eftersom tryckskillnaderna i renrum är mycket små, omkring 10 till 20 Pa, så måste man använda sig av en givare i rätt skala. Därför passar t.ex. HK-Instruments DPT250-R8 mycket väl för just detta bruk, eftersom givarens mätområde kan ställas in allt från 0...25 Pa till -150...+150 Pa. Denna givare är en aktiv givare vilket betyder att den kräver en extern strömförsörjning på 24 VAC eller VDC $\pm 10\%$. Som signalmeddelande använder sig denna givare av 0-10 VDC eller 4-20 mA strömloop. (HK-Instruments 2014)



Figur 7 HK-Instruments DPT tryckskillnadsgivare med och utan display. (HK-Instruments 2014)

8.4 Partikelmängd

Mätning av partikelmängden sker genom en specialgjord aktivgivare som t.ex. MET ONE 6000P. I denna givare sker mätningen genom att givaren suger in luft genom en slang vars enda är placerad in i det klassificerade rummet, på så sätt kan själva givaren befinna sig utanför rummet eller i mellantaket. Inne i givaren finns en laserstråle som är riktad mot ett ljuskänsligt material som reagerar varje gång en partikel blockerar ljusstrålen när den passerar. På så sätt räknar givaren antalet partiklar som passerar sensorn.

Denna apparat är tillverkad av det amerikanska företaget Beckman Coulter och är designad för att mäta partiklar som är större än 0,5 μm . Givaren använder sig av 4...20mA strömloop eller Ethernet kommunikation med TCP/IP protokoll, men med olika tillbehör är det också möjligt att använda RS-232 eller RS-485. (MET ONE 2014)



Figur 8 MET ONE 6000P är en partikelmängdsgivare gjord av Beckman Coulter.(MET ONE 2014)

9 Kalibrering

När man kalibrerar jämför man mätnoggrannheten för två mätinstrument där objekt instrumentets mätresultat jämförs med kalibreringsinstruments resultat. På så sätt kan man försäkra sig att mätinstrument, så som temperaturgivare, tryckgivare, etc., som användas av ett FMS visar korrekta mätvärden. Ifall små fel upptäckts kan de justeras med ”offset” konfiguration i själva givaren eller i övervakningscentralens programvara, men ifall grova fel upptäckts bör givaren bytas ut till en ny. Kalibreringen skall dokumenteras så att det framgår vad givaren, kalibreringsinstrumentet och övervakningscentralen visar för värden och eventuella åtgärder som gjorts ifall fel uppstått. Kalibreringsinstrumentet skall ha ett dokumenterat kalibreringscertifikat där det framgår när kalibreringsinstrumentet självt är kalibrerat och hurdan noggrannhet kalibreringsinstrumentet hade då. Kalibrerings intervall för givare i renrum rekommenderas att vara max ett år.

10 Uppföljning och övervakning renrums klimat

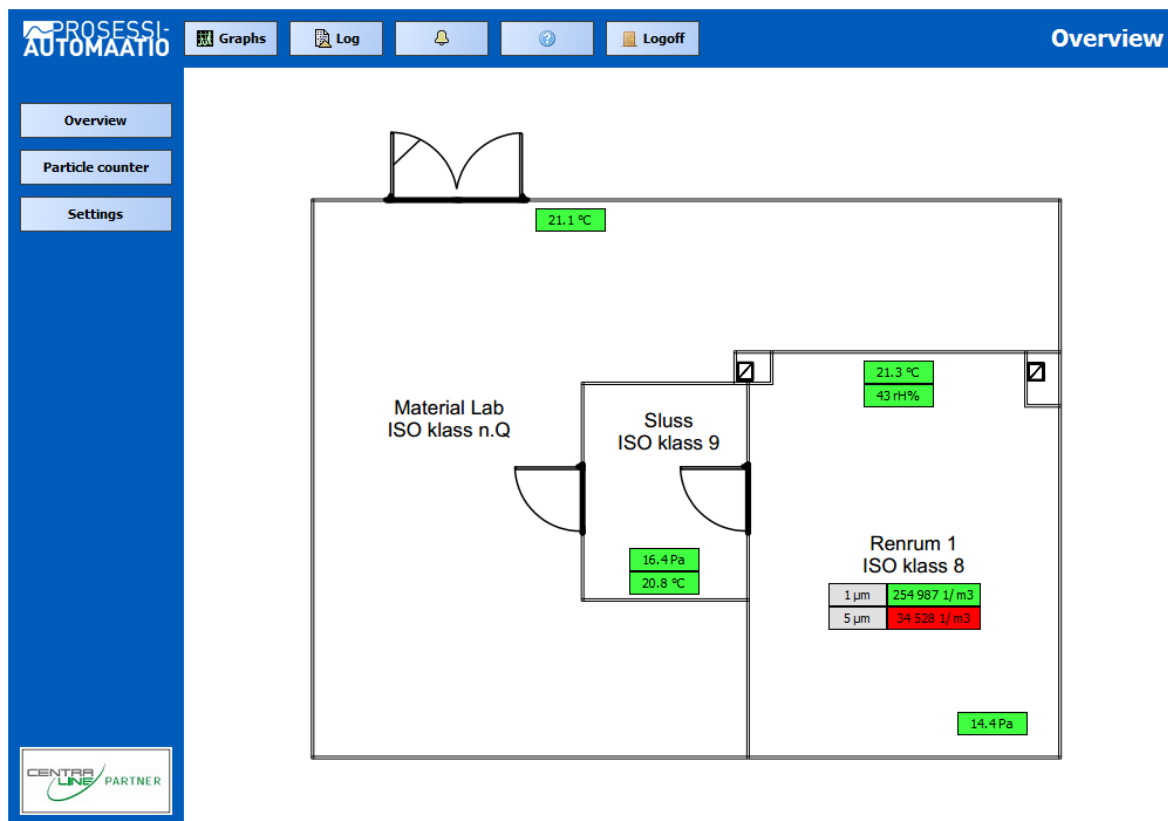
För uppföljningen och övervakningen av renrums klimat används mjukvara av typen SCADA, som är en förkortning av det engelska namnet Supervisory Control And Data Acquisition. Det vill säga SCADA är en benämning på en typ av mjukvara som används speciellt för övervakningssyfte för processer inom industrin eller t.ex. fastighetsautomationen. Det finns en massa olika SCADA produkter och man kan nästan säga att varje centralenhetstillverkare har en egen.

I detta projekt skedde uppföljningen och övervakningen av renrum klimatet med Arena^{AX} Supervisor, som är en SCADA mjukvara av Centraline, som är samma försäljare som för

centralenheten Hawk. Denna mjukvara är installerad i en server dator som är dedikerad endast för detta bruk. Arena^{AX} Supervisor fungerar som övervakningscentral där all information om systemet samlas och lagras. Det är också via Arena^{AX} Supervisor som alarmeringen och alarm kvitteringen sker. (Centraline 2014)

Styrkan med Arena^{AX} Supervisor är att den möjliggör ett webbaserat användargränssnitt för flera datorer i samma nätverk och den enda programvaran som krävs för klient datorn är en webbläsare med Java, det är också möjligt att använda mobiltelefoner som klient ifall den är uppkopplad till samma nätverk. Det är alltså möjligt att komma åt övervakningscentralen på distans med t.ex. intranät eller VPN kommunikation. (Centraline 2014)

Med Arena^{AX} Supervisor har entreprenören möjlighet att skapa användargränssnitt för övervakningen av systemet. Figuren nedan visar ett exempel på hur ett användargränssnitt kan se ut, men programmet ger entreprenören fria händer att skapa i princip hurdant användargränssnitt som helst. I figuren kan man se ett bottenplan av ett påhittat renrum där de olika sensorerna samt data syns i realtid. Med olika bakgrundsfärger av mätpunkterna kan man beskriva mätpunktens läge så som ok, alarm, kommunikations problem etc.



Figur 9 Denna figur är en skärmdump av ett påhittat exempel av hur ett eventuellt användargränssnitt för ett FMS kan se ut.

När entreprenören skapar en uppföljning och övervaknings systems användargränssnitt bör följande punkter tas i beaktandet:

- Klar och logisk uppbyggnad/struktur av användargränssnittet
- Det bör vara lätt att se alarm
- Eventuell rapportering av alarm samt historik etc.
- Instruktioner bör finnas i programmet

Eftersom detta användargränssnitt är det mest synliga delen av ett FMS för kunden är det viktigt att satsa på att den ser bra ut och är lätt använd. Det lönar sig också att föra en diskussion med kunden om hur användargränssnittet bör se ut och vilka funktioner den bör inkludera även om det inte är specificerat i kravspecifikationen.

10.1 Alarm

Alarmeringen är en viktig del av ett övervakningssystem för renrum, för att användaren av ett renrum så snabbt som möjligt får veta om att det finns ett eventuellt problem och att möjlig kontaminering av renrum har skett. Alarmeringen till användaren kan ske på olika sätt t.ex. e-mail, sms, visuellt så som en lampa som lyser eller genom ljud i form av t.ex. en siren. Man kan också dela in alarmen i olika kategorier beroende på hur allvarliga de är eller t.ex. beroende på vems ansvars område alarmet kommer från. På så sätt kan man koncentrera alarmen till rätta personer i ett större system.

E-mail alarmeringen görs genom att programmera den i Arena^{AX} Supervisor eller direkt i Hawk centralenheten. För denna typ av alarm krävs internetanslutning och eventuellt öppnande av vissa portar i brandmuren. För sms alarmering med Arena^{AX} Supervisor krävs det en separat sms-licens och en sms-modul med ett aktiverat SIM-kort. Både sms och e-mail alarmen kan man programmera olika scheman för alarmering, så att t.ex. vardagarna skickas alarmen till en viss person medan helgdagar skickas alarmen till en dejour. Visuella och ljud alarm kan man skapa genom moduler med DO relä utgångar för att skapa en t.ex. 24VDC on/off funktion för en alarmerings lampa.

10.2 Historik

Historiken för olika mätningar kan användas för analyser av produktion och forskning eller för att bevisa t.ex. att en produkt är tillverkad i de rätta omständigheterna. Dessutom är historiken för mätvärden oersättlig vid felsökning av systemet efter som det är lätt att konstatera vilken tid felet uppstått och hur länge det varat.

I ett Arena^{AX} Supervisor system kan varje punkt skilt programmeras för att samla in historik av mätvärdet eller styrningssignalen. Det går också att välja med hurdant intervall samplingarna tas och hur länge historiken sparas. Historiken kan uppvisas i både grafer eller i rådata som kan exporteras till t.ex. .csv format. På så sätt kan t.ex. rådata hanteras med tredje partens program så som Microsoft Excel.

10.3 Användarrättigheter

På grund av säkerhetsskäl är det rekommenderat att varje enskild användare för systemet har ett eget personligt användarkonto som har ett separat lösenord, på så sätt minskas missbruk av systemet. Dessutom kan varje användare placeras i olika användarklasser som har olika rättigheter i systemet.

Arena^{AX} Supervisor möjliggör en noggrann uppdelning av användarklasser som är fritt definitionsbar av entreprenören genom att tillfoga rättigheter till olika användarklasser genom att ge läs- och skrivrättigheter av olika delar av programmet för en specifik användarklass. Det vill säga att t.ex. varje mätpunkts rättigheter går skilt att definiera till olika användarklasser. På så sätt kan man exempelvis begränsa olika användares rättigheter så att inte en vanlig användare kan ändra på viktiga parametrar medan en administratör kanske kan editera alla delar av systemet. Dessutom kan man i större FMS helheter där t.ex. flera olika produktions linjer eller avdelningar inkluderas i samma FMs kan man dela upp användarrättigheterna så att personalen av en viss enhet eller avdelning endast kan se och påverka den egna avdelningens data samt parametrar.

Figuren 10 visar hur noggrant användarrättigheterna kan specificeras i Arena^{AX} Supervisor där 01-019-PDT01 är en tryckskillnads punkt som kan delas in i de olika alarm klasserna som i sin tur kan ännu delas in i olika algoritmer. På så sätt kan varje punkt spjälkas till små delar och för varje liten del kan entreprenören definiera rättigheterna för. Som exempel ser man att för punkten 01-019-El01-1 har klasserna Admin och Supervisor rättighet att läsa och

skriva medan Operator och Guest inte har rättigheter att läsa eller skriva för punkten. På så sätt kan de olika användarklasserna uppbyggas med olika rättigheter.

	Inherit	Admin	Supervisor	Operator	Guest	User management
[-] Points		♦	♦	♦	♦	
+ 01-017B-TE01	✓	♦	♦	♦	♦	
+ 01-019-EI01-1		♦	♦			
- 01-019-EI01-2		♦	♦			
[-] Proxy Ext	✓	♦	♦			
[-] 01-019-PDT01	✓	♦	♦	♦	♦	
+ Proxy Ext	✓	♦	♦	♦	♦	
[-] OutOfRangeAlarmExt	✓	♦	♦	♦	♦	
+ Fault Algorithm	✓	♦	♦	♦	♦	
+ Offnormal Algorithm	✓	♦	♦	♦	♦	
[-] StatusAlarmExt	✓	♦	♦	♦	♦	
+ Fault Algorithm	✓	♦	♦	♦	♦	
+ Offnormal Algorithm	✓	♦	♦	♦	♦	

Figur 10 Figuren ovan beskriver hur t.ex. en punkt kan delas in olika rättighetskategorier där Operator eller Guest inte har rättighet att läsa eller skriva för punkten 01-019EI01-1 medan Admin och Supervisor kategorierna har rättigheter över denna punkt. (Bilderna är en skärmdump av Arena^{AX} Supervisor exempel projekt)

10.4 Loggs

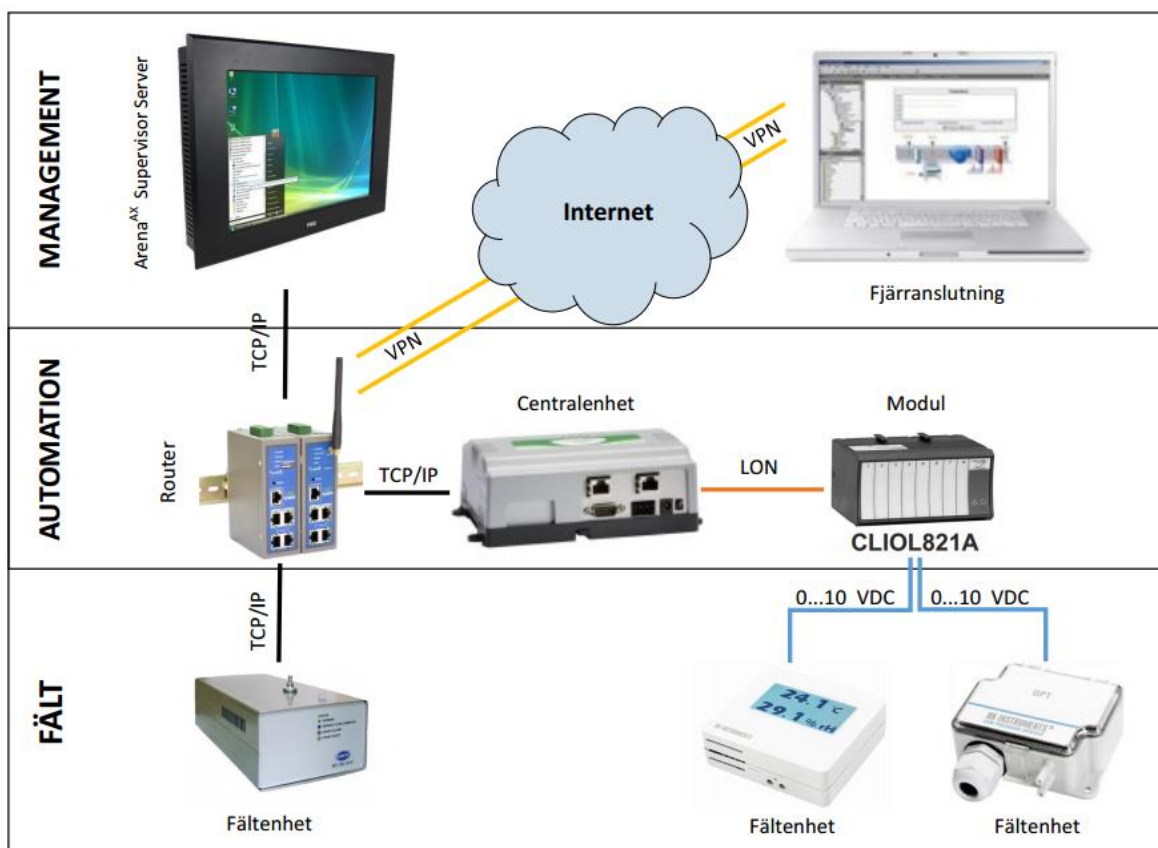
Arena^{AX} Supervisor möjliggör också att föra loggs för alla ändringar i systemet så som skapandet av nya element i programvaran eller att helt enkelt kvittering av ett alarm. På så sätt kan man följa noggrant vem som gjort ändringar och när de är gjorda. Denna funktion kan vara bra vid felsökning eller vid utredning av vem som kvitterat ett alarm.

11 FMS funktionsprincip

Ett FMS består av ett fält, automation och management nivå där de olika nivåerna har olika uppgifter. Dessa olika nivåer knyts samman med olika kommunikationsprotokoll där t.ex. fältenheten kan kommunicera med en modul via en 0...10 VDC spänningssignal medan själva modulen kommunicerar med centralenheten via LON protokoll. Fält nivån består av alla sensorer och anordningar som är samman kopplade med FMS: et men befinner sig fysiskt på fältet, dvs. i rummet, mellantaket eller någon annanstans än självaste centralen. Automationsnivån består av apparater som befinner sig oftast i självaste centralen så som centralenheten, moduler, router och andra eventuella apparater. Denna nivå möjliggör automationen så om all eventuell styrning samt uppsamling av data. Själva alarmen kan bildas både vid automationsnivån eller managementnivån beroende på hur entreprenören förverkligar FMS: et. Management nivån består av själva mjukvaran dvs. av t.ex.

övervakningssystem program så som Arena^{AX} Supervisor. Dessutom inkluderas också eventuell fjärranslutning till managementnivån.

Figuren 11 beskriver de olika nivåerna av FMS: et med exempel på hurdan typs apparater hör till vilken nivå. Dessutom visas ett exempel på vilken typ av protokoll kan användas för kommunikationen mellan de olika nivåerna samt inom nivån. Men det är viktigt att komma ihåg att detta är bara ett exempel på hur man kan uppbygga FMS nivåerna och det är fullt möjligt att använda sig av annan typ av uppbyggnad eller andra protokoll för kommunikationen.



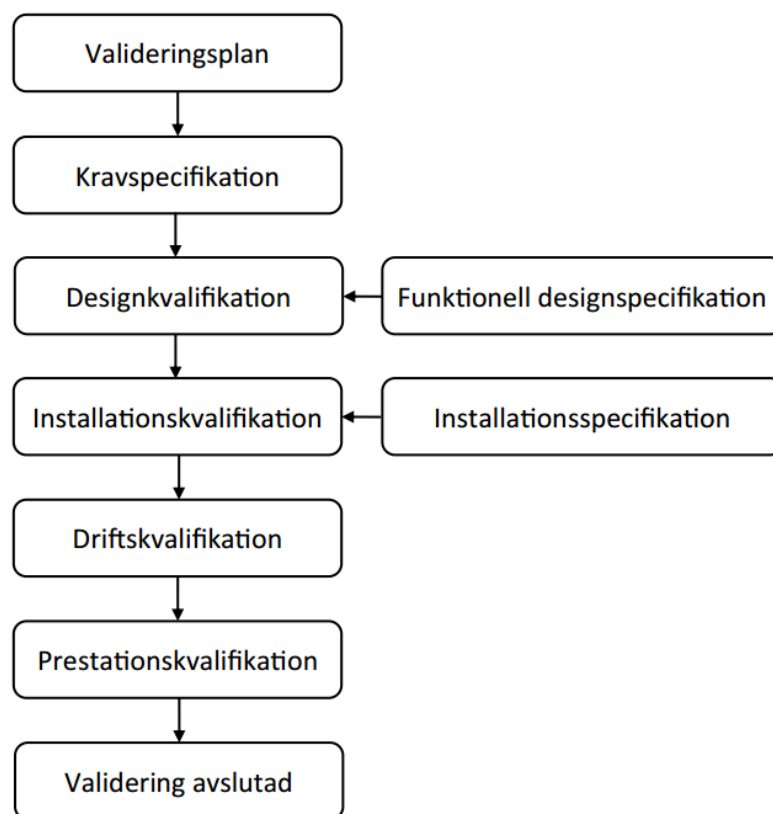
Figur 11 Figuren beskriver de tre olika nivåerna i ett FMS och ett exempel på hur nätverkskommunikationen kan varar uppbyggd.

12 Validering och dokumentation

Ordet validering härstammar från det latinska ordet "validus", som betyder Stark eller mäktig. Då man validerar bestyrker man giltigheten för ett system och på så sätt försäkras man att systemet faktiskt fungerar på önskat vis. Det är vanligt att olika tekniska system valideras inom t.ex. läkemedelsindustrin och då bör entreprenören genomföra någon typ av valideringsprocess för sin produkt. Valideringen grundar sig på bra dokumentationen och därför är det bra att minnas att inom valideringen bör allting vara dokumenterat eller så anses det inte finnas. I följande stycken förklaras ett exempel på hur en valideringsprocess kan genomföras men är inte en manual på processen eftersom valideringsprocessen kan variera beroende branschen och användnings ändamålet.

Denna valideringsprocess baserar sig på Europa kommissionens bestämmelser för god tillverkningssed, inom läkemedels- och kosmetikaindustrin och är uppbyggd på fyra stycken olika kvalifikations delar och deras bilagor. Kvalifikation delarna består av designkvalifikation, installationskvalifikation, driftskvalifikation och prestationskvalifikation, där prestationskvalifikationen kan ibland knytas samman med driftskvalifikationen. I dessa kvalifikationsdelar testas produktens eller systemets kompetens och lämplighet för den givna uppgiften dvs. alla de givna kraven bör uppfyllas i dessa test för att kvalifikationen kan godkännas. (EU-kommissionen, 2001)

Grundprincipen för valideringsprocessen är att det föregående steget alltid måste vara godkänt av kunden innan man kan fortsätta till nästa valideringssteg. Detta betyder att ett steg i valideringen kan bollas flera gånger mellan entreprenören och kunden innan den godkänns och man kan påbörja nästa steg. På detta sätt garanterar man att slutprodukten motsvarar kundens behov och krav. (EU-kommissionen, 2001)



Figur 12 Figuren ovan beskriver ordningsföljden som de olika kvalifikationerna och specifikationerna kan göras i en validering.

12.1 Valideringsplan

Det första steget i valideringsprocessen är att göra en valideringsplan en så kallad VP. Där hela valideringsprocessen planeras och dokumenteras. I valideringsplanen ingår också vem som ansvarar för de olika delarna av valideringen. Dessutom kan valideringsplanen också innehålla tidsplanering för valideringsprocessen. Ifall projektet är mycket omfattande kan man spjälka in valideringen av de olika delområden i projektet till egenstående valideringar och då gör man en validerings master plan, VMP, som inkluderar alla olika delvalideringarna till ett och samma dokument. (EU-kommissionen, 2001)

12.2 Kravspecifikation

Kravspecifikation är ett dokument som oftast görs av kunden, där alla kraven på slutprodukten ställs. I detta dokument specificerar man inte vilken utrustning som skall användas utan man dokumenterar kraven för utrustningen samt kraven för processen. Som ett exempel på ett krav som kunde ställas i en kravspecifikation för ett FMS är " All temperatur historik för rum XXX bör sparas elektroniskt i minst 3 år." Detta dokument är basen för hela valideringsprocessen så den rekommenderas att göras med väl omsorg.

12.3 Designkvalifikation

Designkvalifikation brukar förkortas som DQ, denna förkortning kommer från det engelska namnet *Design Qualification*. Dokumentet beskriver hur entreprenören planerar att uppfylla de krav som ställts i kravspecifikationen, genom att testa kraven mot planerna som beskrivs i bilagorna för DQ dokumentet. Som bilagor för DQ dokumentet har man alla dokument som beskriver planerna för produkten, som t.ex. FDS, kopplingsschema och anordningskatalog. Detta DQ test utförs av entreprenören varefter den skickas till kunden för godkännande. Ifall någon part märker något problem som kommer att uppstå med de gällande planerna eller i kravspecifikationen bör de antecknas i DQ dokumentet med ett åtgärds förslag. (EU-kommissionen, 2001)

12.3.1 Funktionell Designspecifikation

Funktionell Designspecifikation förkortas med bokstäverna FDS, som kommer från det engelska namnet "Functional Design Specification". Detta dokument är ett specifikations dokument vilket innebär att det beskriver produkten. Alltså entreprenören beskriver i dokumentet så noggrant som möjligt planerna för hur produkten kommer att vara uppbyggt, vilka funktioner produkten har etc. Det är viktigt att det framgår i dokumentet hur alla eventuella krav i kravspecifikationen kommer att uppfyllas.

12.3.2 Anordningskatalog

Anordningskatalogen är en lista där entreprenören räknar upp alla apparater som ingår i entreprenaden. I dokumentet nämns eventuella förkortningar eller beteckningar som används i andra dokument eller ritningar som hänvisar till just denna apparat. Dessutom bör det framgå apparatens korrekta namn och tillverkare ur dokumentet, men är också av god sed att inkludera en kort beskrivning vad den eventuella anordningarna är. Detta dokument är viktigt för kunden ifall kunden har behov att söka tilläggs information om anordningarna.

12.3.3 Systemscheman och kopplingsschema

Kopplingsschema är ett schema där en elkrets beskrivs med förenklade symboler. Det rekommenderas att följa SFS-EN 60617 standarden där t.ex. de internationella symbolerna räknas upp. Varje el och automationscentral bör ha ett uppdaterat kopplingsschema i närheten av centralen, t.ex. inne i centralen i en dokument ficka.

Ifall projektet innehåller flera automationscentraler eller t.ex. ett större kommunikationsnätverk rekommenderas det att göra ett systemschema där man kartlägger t.ex. hur LON nätverket är kopplat eller hur kommunikationen mellan de olika centralerna fungerar.

12.4 Installationskvalifikation

Installationskvalifikationen kan förkortas som IQ, som kommer från det engelska namnet Installation Qualification. Denna kvalifikation bör göras för alla nya eller modifierade faciliteter, system och utrustning som används för läkemedelsproduktion. För att kunna påbörja Installationskvalifikationen måste designkvalifikationen vara godkänd av kunden. Detta dokument görs för att testa att installationerna samt kalibreringarna görs enligt bestämmelser och kundens kvar. Till kvalifikationen bifogas också alla ritningar och scheman som påverkar eller styr installationen av produkten eller systemet. Ifall systemet använder sig av tredje partens anläggningar bör deras specifikationer och manualer också bifogas till installationskvalifikationen. (EU-kommissionen, 2001)

Ifall någon part märker brister eller fel på planerna för projektet bör de antecknas i IQ dokumentet med åtgärdsförslag ifall det finns sådana. När kvalifikationen är godkänd av alla parter kan installationen av produkten påbörjas.

12.4.1 Installationsspecifikation

Detta dokument kan förkortas som IS som kommer från det engelska namnet installation specification. Installationsspecifikationen är en bilaga till installationskvalifikationen som görs av entreprenören. I dokumentet innehåller ytterligare information gällande installationen som inte beskrivs i någon ritning eller schema. Detta dokument kan dock lämnas bort ifall det inte finns något behov för ytterlig beskrivning av installationen eller installationsprocessen.

12.5 Driftskvalifikation

Driftkvalifikationen brukar förkortas med OQ, som kommer från det engelska namnet Operational Qualification. Driftkvalifikationen kan påbörjas då IQ är godkänd och installationerna är klara så systemet kan startas. Denna kvalifikation innehåller olika tester för produkten som bevisar att produkten faktiskt fungerar som lovat i designkvalifikationen. Dessutom testas också produktens funktion i de så kallade *worst case* scenariot. Efter att driftkvalifikationen är godkänd kan man påbörja prestationskvalifikationen men ifall produktens art är sådan att den inte kräver någon skild prestationskvalifikation kan Prestationskvalifikationen bifogas till driftskvalifikationen. I så fall bör dokumentering av kalibreringar, manualer, kundens skolning för produkten och produktens underhåll bifogas också till driftskvalifikationen, men ifall det finns en separat prestationskvalifikation bifogas dessa dokument först till prestationskvalifikationen. (EU-kommissionen, 2001)

12.6 Prestationskvalifikation

Prestationskvalifikationen kan förkortas som PQ, som kommer från det engelska namnet Preformance Qualification. Denna kvalifikation är inte alltid obligatorisk och kan ibland bifogas med driftskvalifikationen eller utelämnas helt och hållet, beroende på av produktens art. För att kunna påbörja prestationskvalifikationen bör driftskvalifikationen vara godkänd. Vid prestationskvalifikationen testas produktens funktioner i verkliga förhållanden eller i simulerade förhållanden. Produkten bör också testas för villkoren och kraven vid de lägre och övre driftsgränserna. Till prestationskvalifikationen hör också olika bilagor så som eventuella kalibreringscertifikat, manual för produkten, dokumentation av skolning för kunden av produkten och produktens underhålls rekommendationer. När

prestationskvalifikationen är godkänd kan produkten överlämnas till kunden. (EU-kommissionen, 2001)

13 Slutsats

Detta arbete har gett läsaren en inblick av de olika delar som ett övervakningssystem för renrum kan förverkligas av. Dessutom har arbetet också skrapat på ytan vad gäller uppbyggnaden av mjukvaran för övervakningssystemet. Arbetet har också behandlat ett exempel på hur en valideringsprocess kan förverkligas enligt EU-kommissionens direktiv. Det är viktigt att komma ihåg att varje renrum är unikt och kraven samt behoven varierar därefter, vilket innebär att detta arbete är endast ett exempel på uppbyggnaden av ett eventuellt övervakningssystem.

Genom att använda sig av automatik för övervakningen av klimatet i renrum kan man garantera kontinuerligt rena förhållanden och omedelbar alarmering ifall klimatet avviker för mycket från de tillåtna minimum eller maximum gränserna. Vid ett alarm vet personalen att renrumsklimatet inte är som det skall och eventuell kontaminering av luften har skett. På så sätt kan personalen utföra eventuella åtgärder som krävs för att inte forskning eller produktionen förstörs.

Renrum byggs allt mer runt om i världen på grund av medicinska skäl och läkemedelsindustrins behov. Dessutom är det ett stort växande behov av renrum inom mikrochips och nanoteknik industrin vilket också ökar behovet av övervakningssystem för renrum.

14 Källförtäckning

Alikoski, J., Forsman, J., Harjanne, P., Heikkilä, P., Koskenranta, T., Piikkilä, V., Ruoho, T., Räikkönen, J., Sahlstén, T., Siirtola, M., Sulku, J., Sutinen, L. (2001).

Rakennusautomaatiojärjestelmät. Tampere, Tammer-Paino Oy

Carlberg, D. (2005). *Cleanroom Microbiology for the Non-Microbiologist, Second edition*. Washington, D.C. :CRC Press LLC

Centraline (2012) *CentraLine^{AX} Rakennuksesi aivot*

EU-Komissionen (2001). *Qualification and validation*, Bryssel

Hautala, M., Peltonen, H., (2011) *Insinöörin (AMK) FYSIIKKA osa 1*, Saarijärvi, Saarijärven OFFSET Oy

ISO 14644-1 Standard

ISO 14644-2 Standard

Lehtonen, H., Luoma, T., Havukainen, R., Leskinen, J., Waxlax, J., (2006) *Fysik 2 Värme*, Jyväskylä, Gummerus Printing

Leiden, C., Wilensky, M. (2009). *TCP/IP For Dummies*, New Jersey, John Wiley and Sons Ltd

Suomen toimitila- ja rakennunuttajaliitto RAKLI ry ja Rakennustieto Oy (1999)
Kiinteistöautomaation hankintamenettely Lon Works-tekniikka. Tampere, Tammer-Paino Oy

Internätkällor:

Centraline Modul, 2014. <http://products.centraline.com/en/pdf/en0z0980-ge51r0913.pdf> (hämtat 4.3.2014)

Prosessiautomaatio, 2014. <http://www.prosessiautomaatio.com/> (hämtat 4.3.2014)

Hawk installations manual . <https://www.centraline.com/uploads/ecat-cz/pdf/en1z0944-ge51r0608.pdf> (hämtat 4.3.2014)

Hawk nätverk manual. <http://products.centraline.com/en/pdf/en2z0986-ge51r1213.pdf> (hämtat 4.3.2014)

Hawk tekniskspecifikation. <https://www.centraline.com/uploads/ecat-uk/pdf/en0z0944-ge51r0311.pdf> (hämtat 4.3.2014)

HK-Instruments, 2014. <http://www.hkinstruments.fi/fi/tuotteet/> (hämtat 4.3.2014)

LON, 2014. <http://www.echelon.com/support/documentation/manuals/transceivers/005-0154-01D.pdf> (hämtat 4.3.2014)

MET ONE, 2014. <http://www.particle.com/met-one-air-particle-counters/remote/met-one-6000p> (Hämtat 10.3.2014)

OpenVPN. <http://openvpn.net/> (hämtat 4.3.2014)

Seti, 2014. <http://www.seti.fi/index.php?k=20800> (hämtat 4.3.2014)

Termistor, 2014. <http://www.resistorguide.com/thermistor/> (hämtat 4.3.2014)

Bilder:

Centraline modul, 2014. <http://products.centraline.com/en/pdf/en0z0980-ge51r0913.pdf>

Hawk nätverk manual. <http://products.centraline.com/en/pdf/en2z0986-ge51r1213.pdf>

HK-Instruments, 2014. <http://www.hkinstruments.fi/fi/tuotteet/>

MET ONE, 2014. <http://www.particle.com/met-one-air-particle-counters/remote/met-one-6000p>

Thermokon WRF04. http://dionabms.ru/products/sensors/zone_sensors/thermokon/wrf04/